

АНАТОМИЧНИ ВАРИАНТИ НА БЕЛОДРОБНИЯ ВЕНОЗЕН ДРЕНАЖ И ОТНОШЕНИЕТО ИМ КЪМ РЕЦИДИВИТЕ НА ПРЕДСЪРДНО МЪЖДЕНЕ СЛЕД ЕЛЕКТРИЧЕСКА ИЗОЛАЦИЯ НА БЕЛОДРОБНИТЕ ВЕНИ

С. Динева¹, М. Стоянов², А. Партенова¹, Б. Кунев², В. Стоянова¹, Ч. Шалганов²

¹Отделение по образна диагностика, ²Клиника по кардиология
Национална Кардиологична Болница – София

ANATOMIC VARIANTS OF PULMONARY VENOUS DRAINAGE AND THEIR RELATION TO RECURRENCES OF ATRIAL FIBRILLATION AFTER PULMONARY VEIN ISOLATION

S. Dineva¹, M. Stoyanov², A. Partenova¹, B. Kunev², V. Stoyanova¹, T. Shalghanov²

¹Department for Diagnostic imaging, ²Cardiology Department
National Heart Hospital – Sofia

Резюме.

Анатомични варианти на белодробния венозен дренаж в лявото предсърдие се откриват често. Съобщават се разнопосочни резултати относно влиянието на вариантната анатомия върху рецидивите на предсърдно мъждене (ПМ) след катетърна аблация. Поставихме си за цел да изследваме честотата на различните анатомични варианти на белодробния венозен дренаж и връзката им с документирани рецидиви на ПМ след аблация. **Материал и методи:** Ретроспективно проучване на пациенти с ПМ, при които е извършена радиофреквентна изолация на белодробните вени след предварително направена мултидетекторна компютърна томография на сърцето с контраст. Проучени са клинични и процедурни характеристики, вид и честота на анатомичните варианти на вено-атриалното свързване и връзката им с рецидиви на ПМ. **Резултати:** Проучени са 177 пациенти (112 мъже, 63,3%) с ПМ, от които 148 (83,6%) с пристъпно ПМ. Вариантна анатомия се откри в 91 пациенти (51,4%). В 20,9% се установи общ ляв ствол, в 23,2% – повече или по-малко от две десни вени, а в 7,3% – вариетети едновременно за десните и левите вени. Между групите с нормална и вариантна анатомия не се откриха разлики в клиничните и процедурните характеристики. Рецидивите на ПМ и връзката им с белодробната венозна анатомия бяха проучени при 104 пациенти с проследяване ≥ 3 месеца. Не се откри значима връзка между наличието на вариантна анатомия и рецидивите на ПМ в слепия период след аблация, OR = 0,864, 95% CI = 0,397 – 1,88, $p = 0,843$, нито след изтичането му, OR = 1,12, 95% CI = 0,5 – 2,5, $p = 0,839$. Регресионният анализ на Cox не показва разлики в преживяемостта без рецидив на ПМ независимо от анатомичния вариант на белодробния венозен дренаж, HR = 1,09, 95% CI = 0,58 – 2,05, $p = 0,779$. **Заключение:** В местна популация пациенти с ПМ честотата на вариантен белодробен венозен дренаж е малко над 50%. Не се установи връзка между вариантната анатомия и честотата на рецидиви на ПМ след първа изолация на белодробните вени.

Ключови думи:

белодробни вени; мултидетекторна компютърна томография; катетърна аблация; предсърдно мъждене.

Адрес

Проф. д-р Чавдар Шалганов, дм, Клиника по кардиология, Национална кардиологична болница, ул. „Коньовица“

за кореспонденция:

№65, 1309 София, тел.: 02/9211-411; e-mail: icd@hearthospital.bg

Abstract.

Anatomical variants of pulmonary venous drainage in the left atrium are often found. Divergent results have been reported on the impact of variant anatomy on atrial fibrillation (AF) recurrence after catheter ablation. We aimed to study the frequency of different anatomical variants of pulmonary venous drainage and their relationship with documented recurrences of AF after ablation. **Material and methods:** A retrospective study of patients with AF in whom radiofrequency pulmonary vein isolation was done after previously performed cardiac contrast-enhanced multidetector computed tomography. Clinical and procedural characteristics, type and frequency of anatomical variants of the veno-atrial junction and their association with AF recurrences were studied. **Results:** One hundred seventy-seven patients (112 men, 63.3%) with AF were studied, of which 148 (83.6%) with paroxysmal AF. Variant anatomy was found in 91 patients (51.4%). In 20.9% there was a common left trunk, in 23.2% – more or less than two right-sided veins, and in 7.3% – variations for both right and left veins. No differences in clinical and procedural characteristics were found between the groups with normal and variant anatomy.

Recurrences of AF and their association with pulmonary venous anatomy were studied in 104 patients with follow-up ≥ 3 months. No significant relation was found between the presence of variant anatomy and AF recurrences within the blinding period after ablation, OR = 0.864, 95% CI = 0.397 – 1.88, $p = 0.843$, nor afterwards, OR = 1.12, 95% CI = 0.5 – 2.5, $p = 0.839$. Cox regression analysis showed no differences in AF recurrence-free survival regardless of the anatomical variant of pulmonary venous drainage, HR = 1.09, 95% CI = 0.58 – 2.05, $p = 0.779$. **Conclusion:** In this local population of patients with AF, the incidence of variant pulmonary venous drainage is just over 50%. No association was found between variant anatomy and the rate of AF recurrences after first pulmonary vein isolation.

Key words: pulmonary veins; multidetector computed tomography; catheter ablation; atrial fibrillation

Address Prof. Tchavdar Shalganov, MD, PhD, Cardiology Department, National Heart Hospital, 65, Konyovitsa St., BG – 1309
for correspondence: Sofia, tel: +359-2-9211-411; e-mail: icd@hearthospital.bg

ВЪВЕДЕНИЕ

С възникването и утвърждаването на катетърната изолация на белодробни вени като метод за лечение на предсърдното мъждене (ПМ) естествено се възобнови интересът към анатомичната връзка на белодробните вени с лявото предсърдие (ЛП). За разлика от артериалното дърво венозната анатомия показва голяма вариативност и белодробните вени не правят изключение. Още в една от първите публикации, въпреки изричната ѝ насоченост към мускулните ръкави в белодробните вени, ясно личи разнообразието на вено-атриалното свързване [1]. Според различни проучвания анатомични варианти на белодробния венозен дренаж в ЛП се откриват често и варират в много широки граници – от 19 до 75% [2-8]. Едновременно възникна и интерес дали вариантната анатомия повлиява по някакъв начин непосредствените и отдалечените резултати от аблацията за ПМ [9-13]. Докладваните резултати са разнопосочни. Тъй като в национален мащаб подобно проучване липсва, поставихме си за цел да изследваме честотата на различните анатомични варианти на белодробния венозен дренаж в ЛП и връзката им с документираните рецидиви на ПМ след изолация на белодробните вени.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Ретроспективно са проучени пациенти с пристъпно или персистиращо ПМ, при които е извършена електрическа изолация на белодробните вени със или без линейни лезии в лявото или дясното предсърдие, и които имат предварително направена мултидетекторна компютърна томография на сърцето с контраст. Търсенето на пациенти, съответстващи на горните условия, се извърши през болничната информационна система по едновременно наличие на следните критерии: клинична пътека 21.1, основна диагноза по МКБ I48 Предсърдно

INTRODUCTION

Emergence and establishment of catheter pulmonary vein isolation as a method for atrial fibrillation (AF) treatment naturally resumed the interest in pulmonary veins anatomical connection with the left atrium (LA). Unlike the arterial tree, the venous anatomy shows great variability and the pulmonary veins are no exception. Even in one of the first publications, despite its explicit focus on the muscular sleeves in the pulmonary veins, the diversity of veno-atrial junction is clearly visible [1]. According to various studies, anatomical variants of pulmonary venous drainage in the LA are often found and vary in a very wide range – from 19 to 75% [2-8]. At the same time, there was interest in whether variant anatomy in any way affects the acute and remote results of ablation for AF [9-13]. The reported results are inconsistent. As there is no such study on a national scale, we set out to study the frequency of different anatomical variants of pulmonary venous drainage in the LA and their relation with documented recurrences of AF after pulmonary vein isolation.

MATERIAL AND METHODS

Patients with paroxysmal or persistent AF who had electrical isolation of the pulmonary veins with or without linear lesions in the left or right atrium and who had previously performed contrast-enhanced multidetector computed tomography (MDCT) of the heart were retrospectively studied. The search for patients meeting the above conditions was performed through the hospital information system by the simultaneous presence of the following criteria: clinical path 21.1, final diagnosis according to ICD I48 Atrial fibrillation and flutter, and

мъждене и трептене, и код за изпълнена процедура 87.41 Компютърна томография на гръден кош. От получения списък бяха изключени пациентите без проведена изолация на белодробните вени. Представени са демографски и клинични характеристики, процедурни характеристики, проучена е честотата на нормалната и вариантната анатомия на белодробните вени. При пациенти с първа аблация и проследяване поне 3 месеца е изследвана честотата на рецидиви на ПМ по време на тримесечния заслепен период в зависимост от анатомичните варианти на белодробния венозен дренаж, а при проследяване над 3 месеца – и честотата на рецидиви на ПМ извън заслепения период, отново в зависимост от анатомичните варианти.

Контрастно-усилена мултидетекторна компютърна томография на лявото предсърдие и белодробните вени

Изобразяването на морфологичните особености на ЛП с дистални белодробни венозни сегменти е част от компютърната томография на сърце. Тя се провежда в условия на интравенозно йодно контрастно усилване и ЕКГ тригериране. При това изследване акцент е единствено сърцето с прилежащите му големи съдови структури. Гръдната клетка не е част от сканирания обем в своята цялост.

Условия за провеждане на диагностично коронарно компютър-томографско изследване са:

1. Минимален брой редове на детекторите – 16. Апаратурата, на която са изследвани нашите пациенти, се състои от 64 реда детектори, което означава, че с една ротация на рентгеновата тръба около пациента могат едноетапно да се генерират до 64 среза с дебелина 0,625 мм или общо 4 см (за сравнение – при скенер с 16 реда детектори дебелината на сканирания обем е само 1 см). При по-голям брой редове детектори (респ. сканиран обем при една ротация) се гарантират по-малък брой необходими ротации за покриване на сърдечния обем. Директен резултат е съкратеното време на изследване, което е от огромно значение при пациенти с ритъмно-проводни нарушения.

2. Синусов ритъм. При аритмия, каквато нерядко е налице при проучената група пациенти в момента на изследването, се прави компромис с това условие с цената на двигателен артефакт. В случаи, при които в хода на компютър-томографския запис пациентът генерира не повече от 3 екстрасистоли, те могат да бъдат софтуерно изключени от сърдечния анализ, а с това да се редуцират и двигателните артефакти.

3. Сърдечна честота < 65 уд./min. Когато това е невъзможно, изследването отново търпи деградация на качеството на фона на двигателни артефакти.

code for completed procedure 87.41 Computed tomography of the chest. Patients without pulmonary vein isolation were excluded from the list. Demographic, clinical, and procedural characteristics are presented, as well as the frequency of normal and variant anatomy of the pulmonary veins. In patients with first ablation and follow-up of at least 3 months, the rate of AF recurrences during the three-month blinding period was studied depending on the anatomical variants of pulmonary venous drainage, and in patients with follow-up over 3 months – the rate of AF recurrences outside the blinding period, again depending on the anatomical variants.

Contrast-enhanced multidetector computed tomography of the left atrium and pulmonary veins

Imaging of the morphological features of the left atrium with distal pulmonary venous segments is part of the cardiac CT study. Intravenous iodine contrast enhancement and ECG-triggering are necessary parts of the exam. This CT protocol focuses excessively on the heart with adjacent large vascular structures. The chest is not part of the scanned volume in its entirety.

The necessary conditions for conducting diagnostic coronary CT are:

1. Minimum number of detector rows – 16. The scanning equipment which our patients were examined on consists of 64 rows of detectors. This means that one rotation of the X-ray tube around the patient generates up to 64 slices with a thickness of 0.625 mm or a total thickness of 4 cm (for comparison – on a 16 rows detector scanner, the thickness of the scanned volume is only 1 cm). A larger number of detector rows (respectively scanned volume in one rotation) guarantees fewer rotations required to cover the cardiac volume. A direct result is the shortened study time, which is of great importance in patients with arrhythmias.

2. Sinus rhythm. In arrhythmia, which is often present in the examined group of patients at the time of the scanning, a compromise is made at the cost of a motion artifact. In cases where patient's heart generates up to 3 extrasystoles in the course of the cardiac scanning, these ectopic beats can be further excluded from the cardiac analysis with the use of the software, and thus reduce motion artifacts.

3. Heart rate < 65 beats/min. When this is not possible, the study again suffers quality degradation in the setting of motion artifacts.

4. Използва се интравенозна йод-контрастна материя с висока концентрация 400 mg/ml в количество 90 ml (при индекс на телесна маса < 30) и скорост на въвеждане 5 ml/s за оптимално сърдечно-съдово изобразяване.

В Отделението по образна диагностика на НКБ пациентите се изследват на 64-редов компютърен томограф Toshiba Aquilion One със софтуер за сърдечна оценка. Използван е следният коронарен компютър-томографски протокол:

- сканиран обем – от асцендентна аорта до сърдечен апекс
- време на ротация – 0,35 s
- темпорална резолюция – 150 ms
- време на сканиране – 8 s
- напрежение 120 KV, пациент-индивидуализирани mAs (според индекса на телесна маса)
- стартиране на изследването след достигане денситет на вътрелуменното съдово контрастиране 160 HU
- дебелина на среза на суровите данни – 0,5 mm
- реконструкция на образите с дебелина на среза 1 mm.

Класификация и дефиниции на анатомичните варианти на белодробния венозен дренаж в ЛП

Съществуват различни класификации на анатомичните варианти на вено-атриалното свързване [3, 4, 7], някои от които толкова детайлни, че трудно могат да се използват в ежедневната работа и са важни по-скоро за целите на анатомичната номенклатура [4]. За целите на нашето проучване създадохме собствена класификация, която да отразява основните варианти и да е лесна за практическо използване. Тя се основава на класификацията на Kato [3], но е по-опростена и същевременно по-всеобхватна. Класификацията и дефинициите са представени по-долу:

1. Нормална анатомия: самостоятелни устия за горно- и долнодялова белодробни вени в ляво. Среднодяловата белодробна вена в дясно се влива в горнодяловата вена, която е със самостоятелно устие. Самостоятелно устие за долнодяловата вена в дясно. Това е т.нар. нормална четириостиална анатомия с по две венозни устия в ляво и в дясно (фиг. 1).
2. Къс общ ляв ствол: общо устие за горно- и долнодялова белодробни вени в ляво с дължина до латерална ЛП стена < 1 cm (фиг. 2).
3. Дълъг общ ляв ствол: общо устие за горно- и долнодялова белодробни вени в ляво с дължина до латерална ЛП стена > 1 cm (фиг. 3).
4. Аномален брой за венозните остии в дясно: повече или по-малко от обичайните два самостоя-

4. Intravenous iodine-contrast material with a high concentration of 400 mg/ml in an amount of 90 ml (when the body mass index < 30) and an injection rate of 5 ml/sec is used for optimal cardiovascular imaging.

At the Diagnostic Imaging Department of our institution, patients are examined on a 64-row Toshiba Aquilion One CT scanner with cardiac assessment software. The following coronary CT protocol is used:

- scanned volume – from the ascending aorta to the cardiac apex
- rotation time – 0.35 sec.
- temporal resolution – 150 msec
- scan time – 8 sec.
- voltage 120 KV, patient-individualized mAs (according to body mass index)
- initiation of scanning after reaching intraluminal vascular contrast density of 160 HU
- raw data slice thickness – 0.5 mm
- reconstruction of the images with a slice thickness of 1 mm.

Classification and definitions of anatomical variants of pulmonary venous drainage in the LA

There are different classifications of the anatomical variants of venous-atrial connection [3, 4, 7], some of which are so detailed that they are difficult to use in everyday practice and are more important for the purposes of anatomical nomenclature [4]. For the purposes of our study, we created our own classification that reflects the main variants and is easy to use in practice. It is based on the Kato classification [3], but is more simplified and at the same time more comprehensive. The classification and definitions are presented below:

1. Normal anatomy: separate ostia for superior and inferior pulmonary veins on the left. The middle lobe pulmonary vein on the right joins the superior lobe vein, which has a separate ostium. Separate ostium for the inferior lobe vein on the right. This is the so-called normal four-ostial anatomy with two venous orifices on the left and two on the right (Fig. 1).
2. Short common left trunk: common ostium for the superior and inferior pulmonary veins on the left with length to the lateral LA wall < 1 cm (Fig. 2).
3. Long common left trunk: common ostium for the superior and inferior pulmonary veins on the left with length to the lateral LA wall > 1 cm (Fig. 3).
4. Abnormal number of right venous ostia: more or less than the usual two single venous ostia.

телни венозни остиума. Включват се както свръхбройни пулмонални вени, т.е. самостоятелно дрениране за среден белодробен дял или някои от сегментите, така и общ венозен антрум за обичайните две вени (съответства на къс общ ляв ствол) (фиг. 4).

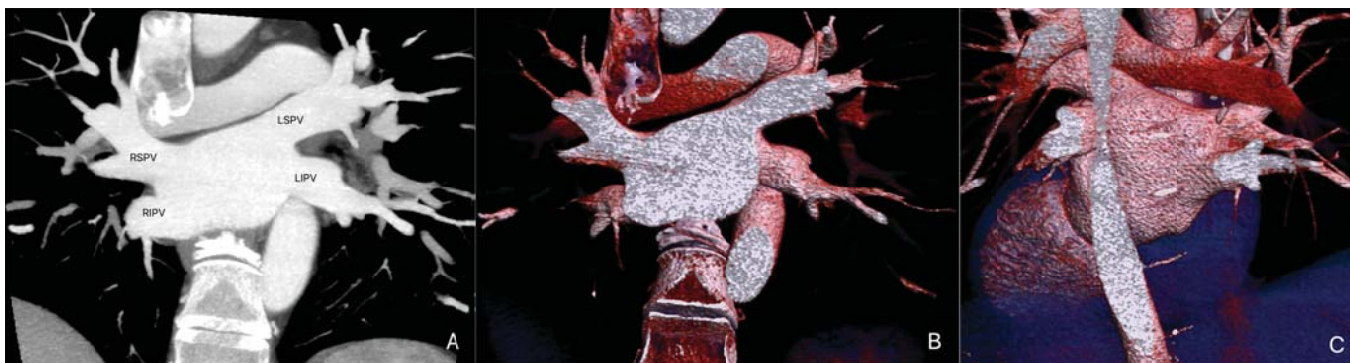
5. Комбинирана ляво-дясна находка: включва комбинация между варианти 2 и 4 или варианти 3 и 4, или други вариетети, засягащи едновременно левите и десните белодробни вени (фиг. 5).

Компютър-томографските изследвания на всички пациенти бяха повторно прегледани, реконструирани в 3D образи и класифицирани според дефинициите в горната класификация.

Supernumerary pulmonary veins are included, i.e., separate drainage of the middle pulmonary lobe or some of the segments, as well as a common venous antrum for the usual two veins (corresponds to a short common left trunk) (Fig. 4).

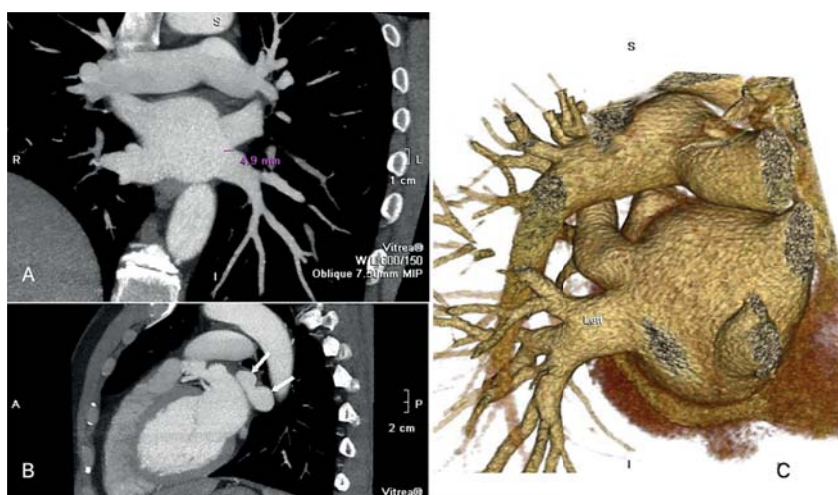
5. Combined left-sided and right-sided variant: includes a combination between variants 2 and 4 or variants 3 and 4, or other variations of both the left-sided and right-sided pulmonary veins (Fig. 5).

Computed tomography exams of all patients were reviewed, reconstructed into 3D images and classified according to the definitions in the above classification.



Фиг. 1. Нормална 4-остилна пулмонална венозна анатомия, анатомичен тип 1. (А) – MIP (maximum intensity projection) реконструкция, AP проекция, коронарна равнина. Нормален вариант на вливане на пулмоналните вени в ЛП – самостоятелни остиуми за всеки от белодробните дялове и общо устие за горен и среден дял в дясно. Венозните остиуми са на отстояние един от друг. RSPV – дясна горна белодробна вена (дренира горен и среден белодробен дялове); RIPV – дясна долна белодробна вена (дренира долен дял); LSPV – лява горна белодробна вена (дренира горен дял); LIPV – лява долна белодробна вена (дренира долен дял). (В) – 3D (volume rendering) реконструкция в AP проекция. (С) – 3D реконструкция в PA проекция

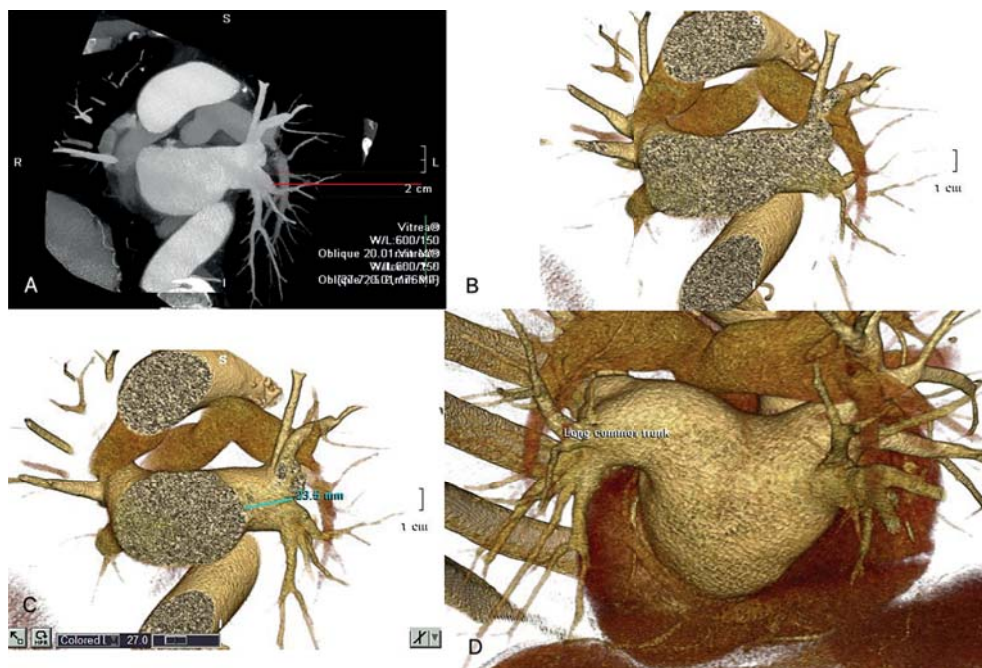
Fig. 1. Normal 4-ostial pulmonary venous anatomy, anatomical type 1. (A) – MIP (maximum intensity projection) reconstruction, AP projection, coronary plane. Normal variant of drainage of the pulmonary veins into the LA – separate ostia for each of the lung lobes and a common ostium for the upper and middle lobes on the right. The venous ostia are spaced apart. RSPV – right superior pulmonary vein (drains the upper and middle lung lobes); RIPV – right inferior pulmonary vein (drains the lower lobe); LSPV – left superior pulmonary vein (drains the upper lobe); LIPV – left inferior pulmonary vein (drains the lower lobe). (B) – 3D (volume rendering) reconstruction in AP projection. (C) – 3D reconstruction in PA projection



Фиг. 2. Къс общ ляв ствол, анатомичен тип 2. (А) – AP проекция, коронарна равнина. Къс ляв ствол – общ остиум за двете пулмонални вени на отстояние < 1 cm от латералната стена на ЛП. (В) – сагитална (латерална) проекция на ниво леви пулмонални венозни остиуми. Вижда се сливането на венозните устия (белите стрелки) преди вливането им в ЛП като общ остиум с дължина < 1 cm (С) – 3D реконструкция в PA проекция

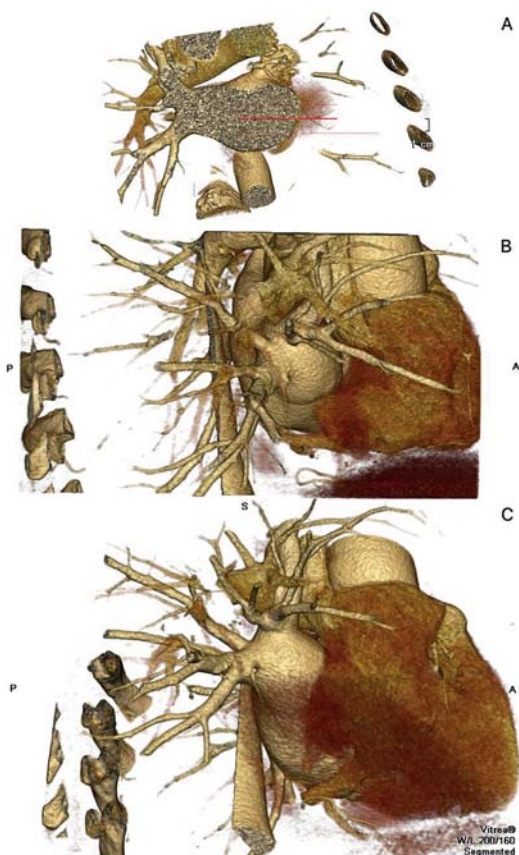
Fig. 2. Short common left trunk, anatomical type 2. (A) – AP projection, coronary plane. Short left trunk – common ostium for the two pulmonary veins at a distance < 1 cm from the lateral wall of the LA. (B) – sagittal (lateral) projection at the level of left pulmonary venous ostia. The fusion

of the venous ostia (white arrows) before their drainage into the LA is seen as a common ostium with a length of < 1 cm (C) – 3D reconstruction in PA projection



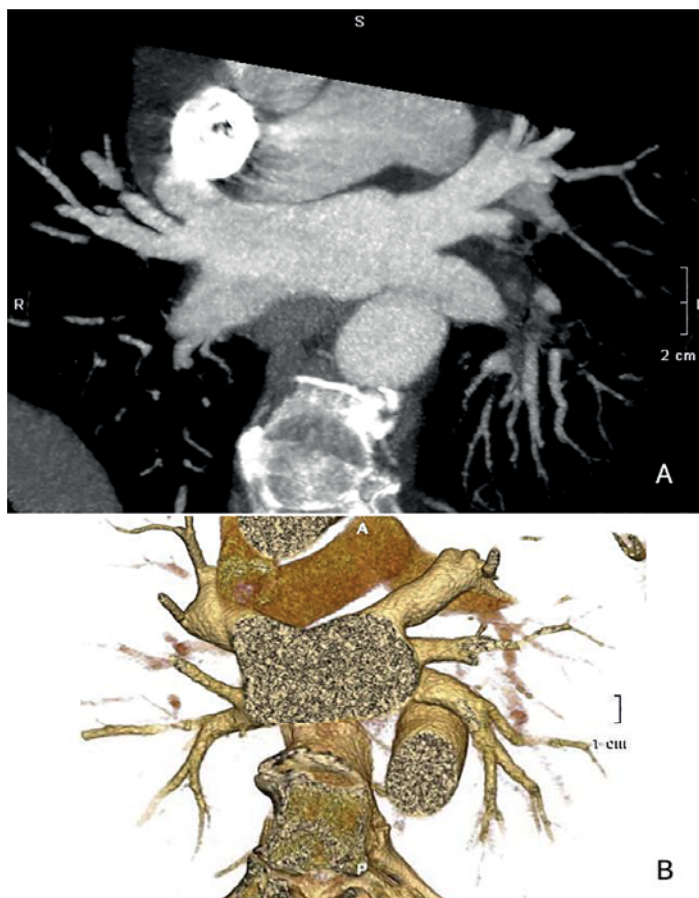
Фиг. 3. Дълъг общ ляв ствол, анатомичен тип 3. (А) – AP изображение в коронарна равнина. Двете леви белодробни вени формират общ ствол с дължина > 1 см. (В) – 3D коронарен срез през ЛП и общия ствол в AP проекция. (С) – 3D коронарен срез на друго ниво през ЛП в AP проекция. Ясно личи сливането на горната и долната леви белодробни вени в общ дълъг тубуларен колектор, който се влива в ЛП. (D) – 3D реконструкция в PA проекция

Fig. 3. Long common left trunk, anatomical type 3. (A) – AP image in the coronary plane. The two left pulmonary veins form a common trunk with a length > 1 cm. (B) – 3D coronary section through the LA and the common trunk in AP projection. (C) – 3D coronary section at another level through the LA in AP projection. The fusion of the superior and inferior left pulmonary veins into a common long tubular collector, which drains into the LA, is clearly visible. (D) – 3D reconstruction in PA projection



Фиг. 4. Аномален брой за венозните остии в дясно, анатомичен тип 4. (А) – 3D коронарен срез през ЛП в дясна предна коса проекция. В дясно се визуализират свърхбройни пулмонални вени при самостоятелно дрениране на сегментни вени. (В) – 3D реконструкция на ЛП в сагитална равнина с 5 белодробни вени в дясно. (С) – 3D реконструкция на ЛП в сагитална равнина с каудална ангулация

Fig. 4. Anomalous number of venous ostia on the right, anatomical type 4. (A) – 3D coronary section through the LA in the right anterior oblique projection. On the right, supernumerary pulmonary veins are visualized, with separate drainage of segmental veins. (B) – 3D reconstruction of the LA in the sagittal plane with 5 pulmonary veins on the right. (C) – 3D reconstruction of the LA in the sagittal plane with caudal angulation



Фиг. 5. Комбиниран ляво-десен вариетет, анатомичен тип 5. (А) – коронарна АР проекция на ЛП с двустранни общи пулмонални венозни антруми. (В) – 3D коронарен срез през ЛП с три пулмонални вени в ляво и общ антрум в дясно

Fig. 5. Combined left-sided and right-sided variation, anatomical type 5. (A) – coronary AP projection of LA with bilateral common pulmonary venous antrums. (B) – 3D coronary section through the LA with three pulmonary veins on the left and a common antrum on the right

Аблация

Подготовката на пациентите включва мулти-детекторна компютърна томография на сърцето с контраст, както е описана по-горе. Получените серийни срези се сегментират в системата за електроанатомичен мепинг (EnSite Precision, Abbott, USA) и триизмерната реконструкция на ЛП, ухото му и белодробните вени се използва по време на процедурата. Изолацията на белодробните вени в нашия център се извършва по методика, описана преди, на фона на непрекъсната перорална антикоагулация [14, 15]. Накратко, въвежда се диагностичен многополюсен катетър в коронарния синус, прави се двойна трансептална пункция и след системно хепаринизиране в ЛП се въвеждат два дълги интродюсера, 10-полюсен циркулярен мепинг катетър и аблационен катетър с отворена иригация и гъвкав лазерно-нарязан връх (Therapy CoolFlex, Abbott, USA). Със системата за електроанатомичен мепинг и с циркулярния мепинг катетър се създава триизмерен образ и волтажна карта на ЛП. С аблационния катетър циркумферентно по границата на венозните антруми се прилагат радиофреквентни апликации в режим с контрол на температурата до елиминиране на венозните потенциали или до ди-

Ablation

Patient preparation includes contrast-enhanced cardiac MDCT as described above. The resulting serial sections were segmented into the electroanatomical mapping system (EnSite Precision, Abbott, USA) and the three-dimensional reconstruction of the LA, the LA appendage, and the pulmonary veins was used during the procedure. The pulmonary vein isolation in our center is performed as described earlier, on uninterrupted oral anticoagulation [14, 15]. Briefly, a diagnostic multipolar catheter is inserted into the coronary sinus, a double transseptal puncture is performed, and after systemic heparinization, two long introducers, a 10-pole circular mapping catheter, and an ablation catheter with flexible laser-cut tip and open irrigation (Therapy CoolFlex, Abbott, USA) are inserted into the LA. A three-dimensional image and a voltage map of the LA are created in the electroanatomical mapping system using the circular mapping catheter. With the ablation catheter, radiofrequency applications are applied circumferentially along the border of the venous ostia in a temperature-controlled mode until the venous

социирането им от предсърдните потенциали. Допълнително за потвърждаване на постигната електрическа изолация се прави и стимулация от КС и от всяко венозно устие с мощност на импулсите 11 mA. При необходимост от комбиниране на венозна изолация с линейни лезии вместо циркулярния мепинг катетър се използва 16-полюсен (4 x 4) катетър за високоплътностен мепинг Advisor HD Grid (Abbott, USA). В края на процедурата системният хепаринов ефект не се неутрализира с протамин, а вместо това се прилага временен хемостазен Z-шев, затегнат с трипътно кранче или възел, което позволява незабавно отстраняване на интродюсерите без мануална компресия и максимално бързо раздвижване на пациента [16, 17].

Пациентите са проследени на 1, 3, 6 или 9, 12 месец след процедурата, и веднъж годишно след това. Проследяването е с визита, ЕКГ и холтер-ЕКГ. Отчитани са всички документирани рецидиви след аблацията.

Статистически анализ

Статистическият анализ е извършен с пакет jamovi 1.6.23. Разпределението на данните е оценявано чрез тест на Shapiro-Wilk. Непрекъснатите данни с нормално разпределение са представени като средна стойност $\pm$ стандартно отклонение (минимум – максимум), а тези с разпределение, различно от нормалното – като медиана и интерквартилен интервал (25-75% персентил). Относителният дял е представен като процент. За междугруповите сравнения са използвани непараметричен тест на Mann-Whitney и t-тест на Student за независими извадки. Връзката между венозната анатомия и рецидивите на ПМ по време на заслепения период и след изтичането му е оценена чрез χ^2 -тест и точния тест на Fisher. Преживяемостта без документиран рецидив на ПМ е представена чрез криви на Kaplan-Meier и регресионен анализ на Cox. Стойност на $p < 0.05$ е приета за сигнификантна.

РЕЗУЛТАТИ

Проучени бяха 177 пациенти (112 мъже, 63,3%) с ПМ, от които 148 (83,6%) с пристъпно ПМ и 29 с персистиращо ПМ. Честотата на анатомичните варианти на белодробния венозен дренаж в ЛП е представена в табл. 1. Вариантна анатомия се откри при 91 пациенти (51,4%). При 37 (20,9%) от тях се установи къс или дълъг общ ляв белодробен венозен ствол, а при други 41 (23,2%) – повече или по-малко от две венозни устия в дясно. При 13 (7,3%) пациенти се установиха вариетети едновременно в левите и десните белодробни вени.

potentials are eliminated or dissociated from the atrial potentials. In addition, to confirm the achieved electrical isolation, stimulation is performed by the CS and each venous antrum with a pulse power of 11 mA. If it is necessary to combine pulmonary vein isolation with linear lesions, a 16-pole (4x4) high-density mapping catheter Advisor HD Grid (Abbott, USA) is used instead of the circular mapping catheter. At the end of the procedure, the systemic heparin effect is not reversed with protamine; instead, a temporary hemostatic Z-suture is applied and tightened with a three-way stopcock or knot, which allows immediate removal of the introducers without manual compression and maximally rapid ambulation of the patient [16, 17].

Patients were followed at months 1, 3, 6 or 9, and 12 after the procedure, and once a year thereafter. Follow-up included clinical visit, ECG and Holter-ECG. All documented recurrences after ablation were recorded.

Statistics

The statistical analyses were carried out with jamovi 1.6.23. Data distribution was assessed by Shapiro-Wilk test. Continuous data with normal distribution are presented as mean $\pm$ standard deviation (minimum – maximum), while data with non-normal distribution were presented as median and interquartile range (25%-75% percentile). Proportions were presented as percentages. Mann-Whitney and Student's t-test for independent samples were used for intergroup comparisons. The relationship between venous anatomy and AF recurrences during the blinding period and afterwards was assessed by the χ^2 -test and Fishers exact test. AF recurrence-free survival was assessed by Kaplan-Meier curves and Cox regression analysis. A p-value < 0.05 was considered significant.

RESULTS

One hundred seventy-seven patients (112 men, 63.3%) with AF were studied, of which 148 (83.6%) with paroxysmal AF and 29 with persistent AF. The frequency of the anatomical variants of the pulmonary venous drainage in the LA is presented in table 1. A variant anatomy was found in 91 patients (51.4%). In 37 (20.9%) of them a short or long common left pulmonary venous trunk was found, and in another 41 (23.2%) – more or less than two right-sided venous orifices. In 13 (7.3%) patients, variations were found in both the left and right pulmonary veins.

Подробни клинични характеристики на проучената популация са представени в табл. 2. Процедурните характеристики са показани в табл. 3. Между пациентите с нормална и вариантна анатомия на белодробните вени не се установиха значими разлики по никоя от характеристиките, посочени в таблици 2 и 3, с изключение на честотата на сърдечна недостатъчност с намалена фракция на изтласкване.

Detailed clinical characteristics of the studied population are presented in table 2. The procedural characteristics are shown in table 3. No significant differences were found between patients with normal and variant pulmonary vein anatomy in any of the characteristics listed in Tables 2 and 3, except for the incidence of heart failure with reduced ejection fraction.

Таблица 1. Честота на анатомичните варианти на белодробен венозен дренаж

Table 1. Incidence rate of anatomical variants of pulmonary venous drainage

Вариант / Variant	Честота (n, %) / Incidence (n, %)
1 – нормална 4-остиална анатомия / 1 – normal 4-ostial anatomy	86 (48.6)
2 – къс общ ляв ствол / 2 – short common left trunk	19 (10.7)
3 – дълъг общ ляв ствол / 3 – long common left trunk	18 (10.2)
4 – аномален брой венозни устия вдясно / 4 – anomalous number of right-sided venous ostia	41 (23.2)
5 – комбинация от варианти 2 и 4, или 3 и 4, или други вариации едновременно на левите и десните вени / 5 – combination of variants 2 and 4 or 3 and 4 or other variations of both the left-sided and right-sided ostia	13 (7.3)

Таблица 2. Изходни характеристики на пациентите

Table 2. Baseline characteristics of the patients

	Нормална анатомия Normal anatomy	Вариантна анатомия Variant anatomy	p
Брой пациенти / Number of patients	86	91	
Възраст (год.) / Age (years)	60 (54-65.8)	61 (54.5-64)	0.701
Ръст* / Height* (m)	1.72 (1.65-1.8)	1.72 (1.64-1.78)	0.51
Тегло* / Weight* (kg)	87±17.1 (48-120)	88.3±14.8 (55-124)	0.66
Индекс на телесна маса* / Body mass index*	28.4 (25.1-33)	29.3 (26.6-32.2)	0.372
Креатинин / Creatinine (umol/L)	90 (81-101)	94.8±16 (52-143)	0.088
eGFR (ml/min/1.74 m ²)	70.2±13.2 (38-108)	68.1±13.4 (37-105)	0.294
Креатининов клирънс* / Creatinine clearance* (ml/min./1.74 m ²)	93.1±29.5 (41-173)	87.5 (73-101)	0.674
Придружаващи заболявания / Comorbidities (n, %):			
– КБС / – CAD	4 (4.7)	6 (6.6)	0.579
– Пейсмейкър / – Pacemaker	1 (1.2)	2 (2.2)	0.6
– Стар инсулт/ТИА / – Previous stroke/TIA	4 (4.7)	5 (5.5)	0.802
– Захарен диабет / – Diabetes mellitus	7 (8.1)	12 (13.2)	0.281
– Хипотиреоидизъм / – Hypothyroidism	16 (18.6)	14 (15.4)	0.571
– Хронично бъбречно заболяване / – Chronic kidney disease	6 (7)	6 (6.6)	0.922
– ХОББ / – COPD	4 (4.7)	5 (5.5)	0.802
– Артериална хипертония / – Arterial hypertension	70 (81.4)	64 (70.3)	0.087
– Клапна болест / – Valvular disease	6 (7)	3 (3.3)	0.268
– СНнФИ / – HF _r EF	4 (4.7)	–	0.039
– СНзФИ / – HF _p EF	3 (3.5)	9 (9.9)	0.092
– Обезитет* / – Obesity*	28 (38.4)	33 (46.5)	0.327
CHA ₂ DS ₂ VASc	2 (1-2)	1 (1-2)	0.308
HASBLED	0 (0-1)	0 (0-0)	0.315

* – в тези категории са налични данни за 124 пациенти. КБС е дефинирана като стар миокарден инфаркт/предходна перкутанна коронарна интервенция/предходна коронарна бай-пас операция. ТИА – транзитрна исхемична атака; ХОББ – хронична обструктивна белодробна болест; СНн/зФИ – сърдечна недостатъчност с намалена/запазена фракция на изтласкване.

* – data for 124 patients are available in these categories. CAD is defined as an old myocardial infarction/previous percutaneous coronary intervention/previous coronary artery bypass surgery. TIA – transient ischemic attack; COPD – chronic obstructive pulmonary disease; HF_r/pEF – heart failure with reduced/preserved ejection fraction.

Таблица 3. Характеристики на аритмията, ехографското изследване и аблацията

Table 3. Characteristics of the arrhythmia, cardiac ultrasound study, and ablation

	Нормална анатомия Normal anatomy	Вариантна анатомия Variant anatomy	p
Пристъпен характер на ПМ / Paroxysmal AF (n, %)	70 (81,4)	78 (85,7)	0,44
Давност на ПМ (мес.) / AF duration (months)	43,5 (16,5-82)	42 (12-84)	0,675
Брой използвани антиаритмични медикаменти Number of previously used AADs	2 (1-3)	2 (1-2,75)	0,822
ЛП дилатация / LA dilation (n, %)	57 (66,3)	53 (58,2)	0,273
ФИЛК / LVEF (%)	60 (55-65)	60,5 (56-65)	0,403
Тип процедура / Type of procedure (n, %): – PVI – PVI + аблация на КТИ / – PVI + CTI ablation – PVI + ЛП линейна аблация / – PVI + LA linear ablation – PVI + фокална аблация / – PVI + focal ablation	67 (79,8) 12 (14,3) 4 (4,8) 1 (1,2)	69 (75,8) 18 (19,8) 4 (4,4) –	0,855
DAP (uGy*m ²)	5900 (4386-8696)	5586 (4338-7488)	0,589
Радиочестотно време / Radiofrequency time (s)	3229 ± 1459 (636-7451)	3087 ± 1445 (766-6290)	0,572
Усложнения / Complications (n, %)	3 (3,5)	8 (8,8)	0,146

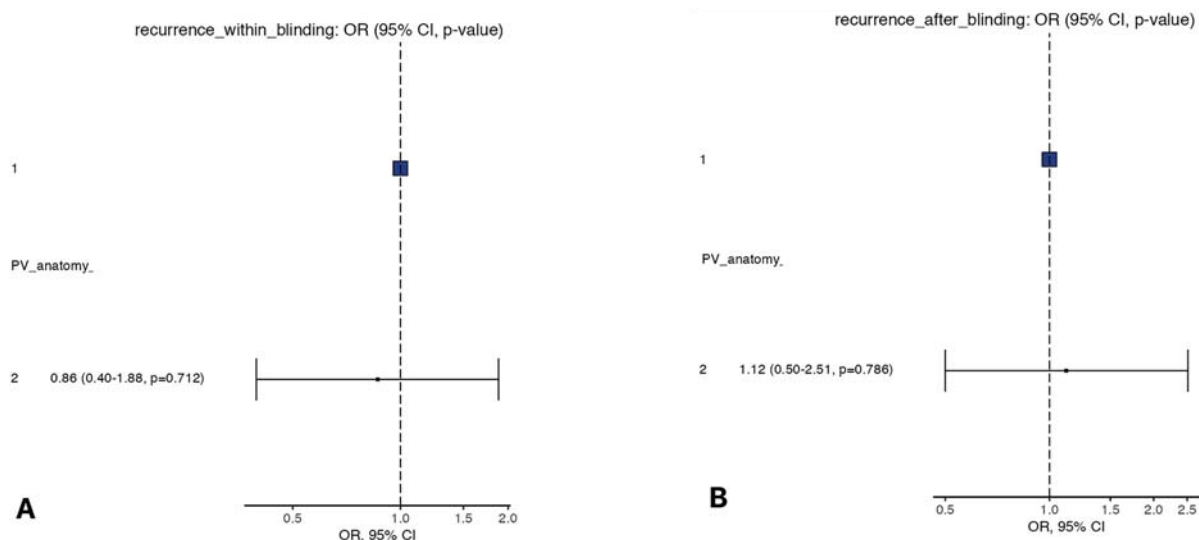
DAP – произведение „доза-площ“ / dose-area product; PVI – изолация на белодробни вени / pulmonary vein isolation; КТИ – кавотрикуспидален истмус / CTI – cavotricuspid isthmus; AAD – antiarrhythmic drug

При 73 пациенти проследяването е с продължителност < 3 месеца или липсващо, или процедурата е била повторна и те са изключени от анализа на рецидивите на ПМ. При останалите 104 пациенти (58,8%) проследяването е с продължителност ≥ 3 месеца и при тях е анализирана връзката между белодробната венозна анатомия и рецидивите на ПМ, както в заслепения период, така и след изтичането му. Поради сравнително малкия брой пациенти в отделните групи с вариантна анатомия те бяха обединени в две групи с приблизително еднакъв брой пациенти – с нормална анатомия (вариант 1) и с вариантна анатомия (варианти 2-5). При пациентите с нормална анатомия продължителността на проследяването е с медиана 10 месеца, IQR 6-17 месеца, а при тези с вариантна анатомия – 12 месеца, IQR 6-15,5 месеца, $p = 0,706$. Не се откри значима връзка между наличието на вариантна анатомия и рецидивите на ПМ в слепия период след аблация, $OR = 0,864$, 95% CI = 0,397 – 1,88, $p = 0,843$, нито след изтичането му, $OR = 1,12$, 95% CI = 0,5 – 2,5, $p = 0,839$ (фиг. 6).

Преживяемостта без рецидив на ПМ е показана на фиг. 7. Регресионният анализ на Cox не показва значими разлики в преживяемостта без рецидив независимо от анатомичния вариант на белодробния венозен дренаж, $HR = 1,09$, 95% CI = 0,58 – 2,05, $p = 0,779$.

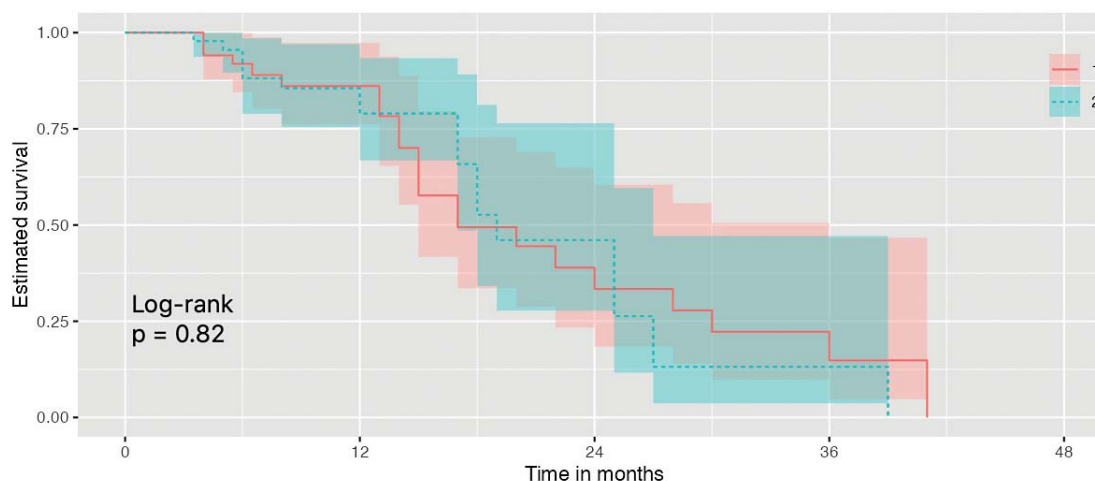
In 73 patients, the follow-up was < 3 months or absent, or the ablation was a redo and they were excluded from the analysis of AF recurrences. In the remaining 104 patients (58.8%), the length of follow-up was ≥ 3 months and the relationship between pulmonary venous anatomy and recurrences of AF within the blinding period, as well as beyond its expiration was analyzed in them. Due to the relatively small number of patients in the individual groups with variant anatomy, they were regrouped into two groups with approximately the same number of patients – with normal anatomy (variant 1) and with variant anatomy (variants 2-5). In patients with normal anatomy the median follow-up was 10 months, IQR 6-17 months, while in those with variant anatomy it was 12 months, IQR 6-15.5 months, $p = 0.706$. No significant association was found between the presence of variant anatomy and AF recurrences within the blinding period after the ablation, $OR = 0.864$, 95% CI = 0.397 – 1.88, $p = 0.843$, nor beyond its expiration, $OR = 1.12$, 95% CI = 0.5 – 2.5, $p = 0.839$ (Fig. 6).

AF recurrence-free survival is shown on Fig. 7. Cox regression analysis showed no significant differences in recurrence-free survival regardless of the anatomical variant of pulmonary venous drainage, $HR = 1.09$, 95% CI = 0.58 – 2.05, $p = 0.779$.



Фиг. 6. Коефициент на вероятност за рецидив на ПМ в зависимост от анатомията на белодробния венозен дренаж. А – в слепия период; В – след края на слепия период. PV anatomy 1 – нормална анатомия, PV anatomy 2 – вариантна анатомия

Fig. 6. Odds ratio for AF recurrence depending on the anatomy of pulmonary venous drainage. A – within the blinding period; B – beyond the end of the blinding period. PV anatomy 1 – normal anatomy, PV anatomy 2 – variant anatomy



Фиг. 7. Криви на Kaplan-Meier за преживяемост без рецидив на ПМ в зависимост от анатомията на белодробния венозен дренаж. Червената крива обозначава нормалната анатомия, бледозелената – вариантната

Fig. 7. Kaplan-Meier curves for AF recurrence-free survival depending on the anatomy of pulmonary venous drainage. The red curve indicates normal anatomy, the pale green – variant anatomy

ОБСЪЖДАНЕ

Основната находка в настоящето проучване е, че анатомични варианти на белодробния венозен дренаж в ЛП се откриват в половината пациенти, подложени на електрическа изолация на белодробните вени. Особено интересно е намирането на комбинирани вариетети на левите и десните белодробни вени в немалък брой случаи – находка, която до сега е описвана рядко. Вариантната анатомия не показва връзка с честотата на рецидивите на ПМ след аблация.

DISCUSSION

The main finding in the present study is that anatomical variants of pulmonary venous drainage in the LA were found in half of the patients undergoing electrical pulmonary vein isolation. The finding of combined variations of the left and right pulmonary veins simultaneously in a large number of cases – a finding that has been rarely described so far – was especially interesting. However, the variant anatomy was not related to the recurrence rate of AF after ablation.

Още в анатомо-хистологичното проучване на неподбрани образци от Ho et al. в 6 от 26 сърца (23%) се установяват вариетети в броя на белодробните вени, които са разпределени еднакво за левите и десните вени [2]. Kato et al. за пръв път правят детайлно магнитно-резонансно проучване на венозната анатомия при 28 пациенти с ПМ и контролна група от 27 пациенти, и установяват вариантна анатомия в 21 от общо 55 пациенти (38%), без разлики между двете групи. В това проучване е и първата класификация на различните варианти, установени от авторите. Най-честият вариант е общият ляв ствол, следван от допълнителна дясна средна белодробна вена [3]. През същата година Scharf et al. описват чрез мултидетекторна компютърна томография при 11 от 58 пациенти с ПМ като най-чест вариант добавна дясна средна вена, следван от общ ляв ствол [4]. Marom et al. създават много детайлна класификация въз основа на компютър-томографско изследване при 201 пациенти с индикация, различна от аритмия (основно белодробен емболизъм). Те установяват десностранни вариетети в 30% и левостранни – в 14%, и обособяват 10 анатомични типа венозен дренаж за десните и 4 типа за левите вени, но не установяват връзка между възникването на предсърдни аритмии и специфичен анатомичен тип [5]. От тези и други проучвания става ясно, че обичайният вариантен дренаж в ляво е представен от общ ствол (къс или дълъг), а добавна лява вена се среща по изключение, докато в дясно най-често вариантният дренаж се изразява в една или повече добавни вени, а общият ствол е много рядка находка [6-8]. Интересно е, че само в две публикации [7, 8] се докладва комбиниран вариетет едновременно в левите и в десните белодробни вени с честота 8,7% и 8%, която е сходна с установената от нас. Нашите морфологични резултати в немалка местна популация пациенти потвърждават голямата честота на вариантен белодробен венозен дренаж с приблизително еднакъв дял на левостранни и десностранни вариетети, и с двустранни вариетети в малко над 7%.

Hunter et al. намират по-нисък успех от една процедура при пациенти с вариантна анатомия (особено общ ляв ствол) и удължено процедурно време, но не и влияние на анатомията върху финалния успех след повторни процедури [9]. Istratoaie et al. докладват, че вариантната анатомия е независим предиктор за рецидив, като преобладаващ вариант е бил отново общият ляв ствол [12]. Други две проучвания докладват точно обратното – Odozynski et al. намират много по-ниска честота на рецидиви след пър-

Already in the anatomical-histological study of unselected samples by Ho et al., variability in the number of pulmonary veins has been found in 6 of 26 hearts (23%), which were equally distributed for the left and right veins [2]. Kato et al. were the first to perform a detailed magnetic resonance imaging study of the venous anatomy in 28 patients with AF and a control group of 27 patients, and found variant anatomy in 21 of a total of 55 patients (38%), with no differences between the two groups. This study published the first classification of the different variants identified by the authors. The most common variant was the common left trunk, followed by an additional right middle pulmonary vein [3]. In the same year, Scharf et al. described as the most common variant an additional right middle vein, followed by a common left trunk, using multidetector computed tomography in 11 of 58 patients with AF [4]. Marom et al. created a very detailed classification based on computed tomography examination in 201 patients with an indication other than arrhythmia (mainly pulmonary embolism). They found right-sided variations in 30% and left-sided in 14%, and identified 10 anatomical types of venous drainage for the right and 4 types for the left veins, but did not detect a link between the occurrence of atrial arrhythmias and a specific anatomical type [5]. From these and other studies it became clear that the usual variant drainage on the left is represented by a common trunk (short or long), and an additional left vein occurs exceptionally, while on the right the most common drainage variant is presented by one or more additional veins, and the common trunk is a very rare finding [6-8]. Interestingly, only two papers [7, 8] reported a combined variation in both the left and right pulmonary veins with a frequency of 8.7% and 8%, which is similar to ours. Our morphological results in a large local patient population confirm the high incidence of variant pulmonary venous drainage with approximately equal proportions of left- and right-sided variations, and with bilateral variations in just over 7%.

Hunter et al. found lower success after single procedure in patients with variant anatomy (especially common left trunk) and prolonged procedural time, but no effect of anatomy on the final success after repeated procedures [9]. Istratoaie et al. reported that variant anatomy was an independent predictor of recurrence, with the common left trunk again being the predominant variant [12]. Two other studies reported exactly the opposite – Odozynski et al. found a much lower recurrence rate after first ablation of paroxysmal

ва аблация на пристъпно ПМ при пациенти с общ ляв ствол, а Xu et al. съобщават намалена честота на рецидиви след реаблация на пристъпно ПМ (но не и при персистиращо) при пациентите с общ ляв ствол [11, 13]. Според den Uijl et al. пък предиктор за рецидив на ПМ е нормалната анатомия на десните белодробни вени [10]. Накратко, публикуваните резултати са твърде разнопосочни и противоречиви. В нашата група пациенти честотата на анатомичните варианти е значителна, засягането на десните и левите вени е доста равномерно, а останалите характеристики на пациентите са сходни. Независимо от това не установихме никаква значима зависимост между белодробната венозна анатомия и рецидивите на ПМ както в заслепения период, така и след него. Вариантната анатомия изглежда не се отразява и върху процедурни параметри като кумулативно радиочестотно време и произведение „доза-площ“. Според нас обяснението е, че когато анатомичните особености на белодробния венозен дренаж са известни предварително, това позволява да се намерят и изолират всички свръхбройни вени, както и да не се търсят излишно отделни вени при доказано наличие на общ венозен ствол. Интересно би било да се проучи каква е честотата на рецидивите на ПМ, ако аблацията се прави без предварително налична образна информация, а МДКТ се прави едва след процедурата.

ОГРАНИЧЕНИЯ

Проучването е ретроспективно, което рефлектира в по-малък брой проследени пациенти и е възможно да се е отразило и на резултатите от регресионния анализ. Това обаче не се отразява на компютър-томографската находка, която показва реалната честота и вид на анатомичните вариетети в тази група пациенти. Също така, при търсенето по критерии в болничната информационна система вероятно са пропуснати немалък брой пациенти поради факта, че кодирането на компютърна томография не е задължително за изпълнението на клиничната пътека и не се прави закономерно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В местна популация пациенти с предсърдно мъждене честотата на вариантен белодробен венозен дренаж, установена с мултидетекторна компютърна томография, е малко над 50%. Не се установи връзка между вариантната анатомия и честотата на рецидиви на ПМ след първа изолация на белодробните вени.

AF in patients with a common left trunk, and Xu et al. reported a reduced recurrence rate after redo ablation of paroxysmal AF (but not in persistent AF) in patients with a common left trunk [11, 13]. According to den Uijl et al. on the other hand, the normal anatomy of the right pulmonary veins is a predictor of recurrence of AF [10]. Briefly, the published results are inconsistent and contradictory. In our group of patients, the frequency of anatomical variants is significant, the involvement of the right and left veins is quite uniform, and the rest of the patients' characteristics remain similar. Nevertheless, we did not find any significant relation between pulmonary venous anatomy and AF recurrences both within and beyond the blinding period. Variant anatomy also does not appear to affect procedural parameters such as cumulative radiofrequency time and dose-area product. In our opinion, the explanation is that the anatomical features of pulmonary venous drainage are known in advance, and this allows to find and isolate all supernumerary veins, and not to look unnecessarily for individual veins in the presence of a common venous trunk. It would be interesting to study the recurrence rate of AF if the ablation is done without pre-available imaging information and the computed tomography is performed only after the procedure.

LIMITATIONS

The study is retrospective which results in a smaller number of followed-up patients and may have affected the results of the regression analysis. However, this does not affect the computed tomography findings, which shows the actual frequency and type of anatomical variations in this group of patients. Also, a considerable number of patients were probably left out by the search criteria with the use of the hospital information system due to the fact that the coding of computed tomography is not mandatory for the completion of the clinical path and is not performed regularly.

CONCLUSION

In a local population of patients with AF, the incidence of variant pulmonary venous drainage detected by cardiac multidetector computed tomography is just over 50%. No relation was found between variant anatomy and the recurrence rate of AF after first pulmonary vein isolation.

Не е деклариран конфликт на интереси

No conflict of interest was declared

Библиография/References

1. Nathan H, Eliakim M. The junction between the left atrium and the pulmonary veins: an anatomic study of human hearts. *Circulation*. 1966;34(3):412-422. doi: 10.1161/01.CIR.34.3.412
2. Ho SY, Sanchez-Quintana D, Cabrera JA, et al. Anatomy of the left atrium: implications for radiofrequency ablation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 1999;10(11):1525-1533. doi: 10.1111/j.1540-8167.1999.tb00211.x
3. Kato R, Lickfett L, Meininger G, et al. Pulmonary vein anatomy in patients undergoing catheter ablation of atrial fibrillation: lessons learned by use of magnetic resonance imaging. *Circulation*. 2003;107(15):2004-2010. doi: 10.1161/01.CIR.0000061951.81767.4E
4. Scharf C, Sneider M, Case I, et al. Anatomy of the pulmonary veins in patients with atrial fibrillation and effects of segmental ostial ablation analyzed by computed tomography. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2003;14(2):150-155. doi: 10.1046/j.1540-8167.2003.02444.x
5. Marom EM, Herndon JE, Kim YH, et al. Variations in pulmonary venous drainage to the left atrium: implications for radiofrequency ablation. *Radiology*. 2004;230(3):824-829. doi: 10.1148/radiol.2303030315
6. Wazni OM, Tsao HM, Chen SA, et al. Cardiovascular imaging in the management of atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48(10):2077-2084. doi: 10.1016/j.jacc.2006.06.072
7. Anselmino M, Blandino A, Beninati S, et al. Morphologic analysis of left atrial anatomy by magnetic resonance angiography in patients with atrial fibrillation: a large single center experience. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2011;22(1):1-7. doi: 10.1111/j.1540-8167.2010.01853.x
8. Mičochová H, Tintera J, Porod V, et al. Magnetic resonance angiography of pulmonary veins: implications for catheter ablation of atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2005;28(10):1073-1080. doi: 10.1111/j.1540-8159.2005.00228.x
9. Hunter RJ, Ginks M, Ang R, et al. Impact of variant pulmonary vein anatomy and image integration on long-term outcome after catheter ablation for atrial fibrillation. *Europace*. 2010;12(12):1691-1697. doi:10.1093/europace/euq322
10. den Uijl DW, Tops LF, Delgado V, et al. Effect of pulmonary vein anatomy and left atrial dimensions on outcome of circumferential radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation. *Am J Cardiol*. 2011;107(2):243-249. doi:10.1016/j.amjcard.2010.08.069
11. Odozynski G, Dal Forno ARJ, Lewandowski A, et al. Paroxysmal atrial fibrillation catheter ablation outcome depends on pulmonary veins anatomy. *Arq Bras Cardiol*. 2018;111(6):824-830. doi: 10.5935/abc.20180181
12. Istratoaie S, Radu Roșu R, Cismaru G, et al. The impact of pulmonary vein anatomy on the outcomes of catheter ablation for atrial fibrillation. *Medicina*. 2019;55(11):727. doi:10.3390/medicina55110727
13. Xu B, Xing Y, Xu C, et al. A left common pulmonary vein: anatomical variant predicting good outcomes of repeat catheter ablation for atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2019;30(5):717-726. doi: 10.1111/jce.13876
14. Shalghanov T, Stoyanov M. Integrated approach with electrical isolation of the pulmonary veins in atrial fibrillation. *Bulgarian Cardiology*. 2014;20(2):5-9.
15. Shalghanov T, Stoyanov M, Kunev B, Dzhanov K. Catheter ablation during uninterrupted oral anticoagulation – single Bulgarian center experience. *Bulgarian Cardiology*. 2018;24(4):12-18.
16. Payne J, Bickel T, Gautam S. Figure-of-eight sutures for hemostasis result in shorter lab recovery time after ablation for atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2018;41(8):1017-1021. doi: 10.1111/pace.13405
17. Yasar SJ, Bickel T, Zhang S. Heparin reversal with protamine sulfate is not required in atrial fibrillation ablation with suture hemostasis. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2019;30(12):2811-2817. doi: 10.1111/jce.14253